

ESTABLECIMIENTO DEL HEPS Y DEL MODELO DETERMINISTA DE PRONÓSTICO

Proyecto

Consultoría de los estudios de diseño del sistema de alerta temprana para avenidas torrenciales y crecientes súbitas generadas por precipitaciones de la microcuenca de los ríos Mulato, Sangoyaco, quebradas Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa, en el marco de las declaratorias de calamidad pública y desastre del Municipio de Mocoa - Putumayo, debidas al evento presentado el 31 de marzo de 2017.



**UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
Bogotá D.C., 2017**

	<p align="center"><i>Consultoría de los estudios de diseño del sistema de alerta temprana para avenidas torrenciales y crecientes súbitas generadas por precipitaciones de la microcuenca de los ríos Mulato, Sangoyaco, quebradas Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa.</i></p> <p align="center">Documento - Establecimiento del HEPS y del modelo determinista de pronóstico</p>	
---	---	---

CONTENIDO

1	Establecimiento del HEPS y del modelo determinista de PRONÓSTICO	4
1.1	Tratamiento de los pronósticos meteorológicos del WRF	5
2	Bibliografía	8

	<p><i>Consultoría de los estudios de diseño del sistema de alerta temprana para avenidas torrenciales y crecientes súbitas generadas por precipitaciones de la microcuenca de los ríos Mulato, Sangoyaco, quebradas Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa.</i></p> <hr/> <p>Documento - Establecimiento del HEPS y del modelo determinista de pronóstico</p>	
---	---	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Pronóstico probabilista para los días de emisión del 29, 30 y 31 de marzo del 2017.....	5
Figura 1-2. Pronóstico determinista para los días de emisión del 29, 30 y 31 de marzo del 2017.....	6

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Fiabilidad de los pronósticos probabilistas y determinista.....	7
--	---

	<p align="center"><i>Consultoría de los estudios de diseño del sistema de alerta temprana para avenidas torrenciales y crecientes súbitas generadas por precipitaciones de la microcuenca de los ríos Mulato, Sangoyaco, quebradas Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa.</i></p> <p align="center">Documento - Establecimiento del HEPS y del modelo determinista de pronóstico</p>	
---	---	---

1 ESTABLECIMIENTO DEL MODELO DETERMINISTA DE PRONÓSTICO Y DEFINICIÓN HEPS

La comunidad hidrológica para la última década ha venido trabajando en un "nuevo" concepto: los sistemas hidrológicos de predicción probabilista (HEPS, por sus siglas en inglés), dado como consecuencia de los avances generado por la comunidad meteorológica. El proyecto internacional HEPEX (Schaake, Hamill, Buizza, & Clark, 2007) se ha convertido en una de las principales fuentes de información sobre los avances de esta nueva corriente en hidrología. Este nuevo paradigma está basado en un principio básico: "Dos cabezas son mejor que una", es decir que se puede evitar tomar malas decisiones si se incentivan diferentes puntos de vista que pueden llegar a alcanzar decisiones mutuamente aceptables (Brown, 2004).

Así mismo, los recursos computacionales actuales ofrecen la posibilidad de construir HEPS propagando múltiples condiciones iniciales, a través de distintos modelos hidrológicos e hidráulicos, lo cual conducirá a la evaluación de múltiples escenarios posibles. Es claro que entre más condiciones iniciales posibles se tengan más alta será la probabilidad de resolver el verdadero estado inicial del sistema; en razón a lo anterior, la predicción determinista (es decir, de un solo escenario) tiene un bajo nivel de fiabilidad dado que una sola predicción no considera de forma explícita las distintas fuentes de incertidumbre del proceso hidrológico.

La generación de los HEPS puede ser fácilmente visualizada a partir de las distintas fuentes de incertidumbre del proceso de predicción hidrológica, sea desde el punto de vista físico o matemático. En el caso de los modelos físicos o conceptuales comúnmente se recurre al acoplamiento de los modelos numéricos de predicción meteorológica (Cloke & Pappenberger, 2009).

En síntesis, en los HEPS se busca capturar la incertidumbre asociada con la predicción. Para este propósito no es útil tener muchas previsiones si todas conducen al mismo resultado, pero al mismo tiempo no es procedente tener un sistema en el cual las predicciones no exhiben ninguna correlación. Idealmente las salidas del HEPS deben ser significativamente diferentes pero su distribución de probabilidad debe seguir la frecuencia de ocurrencia del fenómeno.

1.1 Tratamiento de los pronósticos meteorológicos del WRF

Al ensamble probabilista realizado por los pronósticos generados con los modelos GR4J, HBV y SACRAMENTO se les realizó una verificación de tipo estadístico para corroborar su fiabilidad mediante las metodologías Continuous ranked probability score (CRPS), Ignorance score (IGNS) y Reliability diagram – mean square error (RDMSE) tal como lo describe Brochero, Anctil, & Gagné (2011).

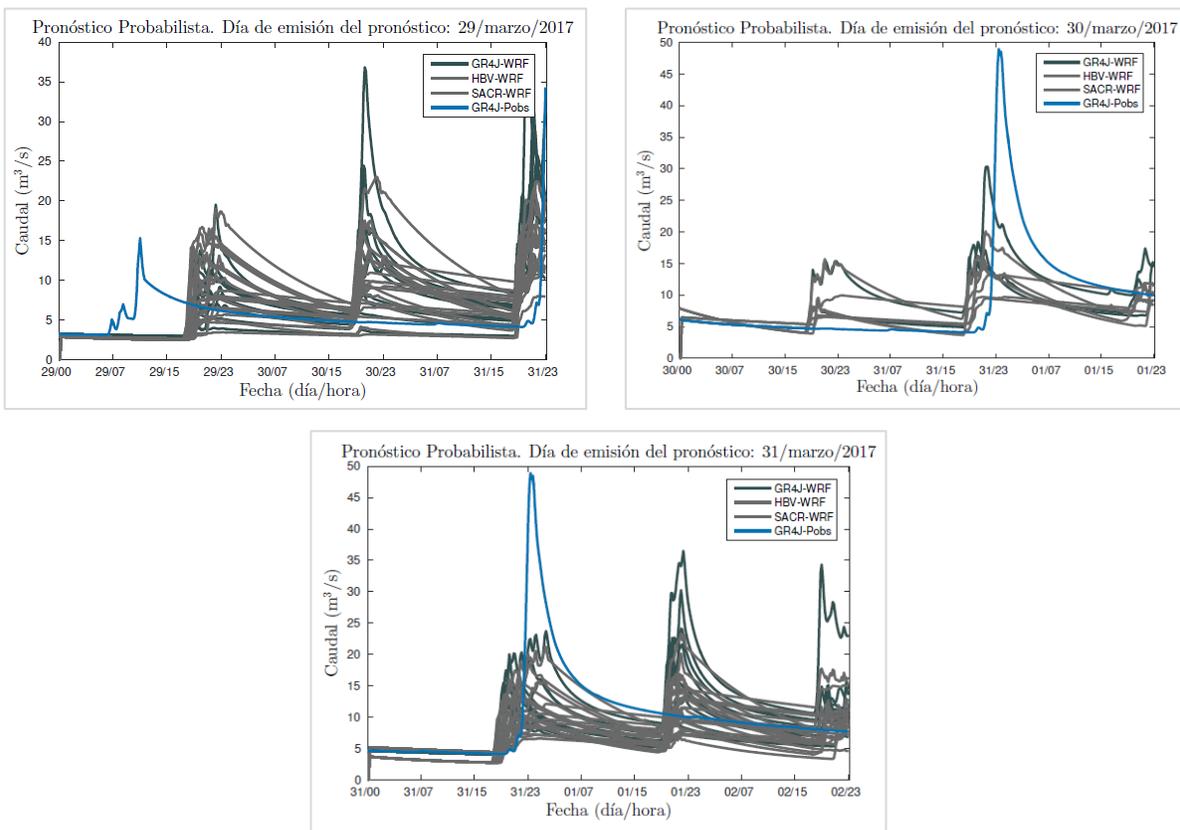


Figura 1-1. Pronóstico probabilista para los días de emisión del 29, 30 y 31 de marzo del 2017.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la fiabilidad del pronóstico determinista (Ver Figura 1-1) generado con el GR4J y filtrado con el modelo WRF se realizó mediante el Error Medio Absoluto (MAE) tal como lo describe Dawson, Abrahart, & See (2007). Los resultados de las evaluaciones para los pronósticos probabilista y determinista se presentan en la Tabla 1-1.

	<p>Consultoría de los estudios de diseño del sistema de alerta temprana para avenidas torrenciales y crecientes súbitas generadas por precipitaciones de la microcuenca de los ríos Mulato, Sangoyaco, quebradas Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa.</p> <p>Documento - Establecimiento del HEPS y del modelo determinista de pronóstico</p>	
---	---	---

Como se evidencia en los resultados, el MAE para el pronóstico determinista resulta ser menor para el modelo GR4J, tal como se evidenció en el proceso de calibración. Esta característica si bien evidencia la bondad que presenta este modelo para representar la dinámica hidrológica a altas resoluciones temporales como es la diez minatural, existe un sesgo en esta evaluación, debido al filtrado de la precipitación realizado con este mismo modelo, por lo que puede existir un sesgo en este valor del MAE (MAE = 1.8).

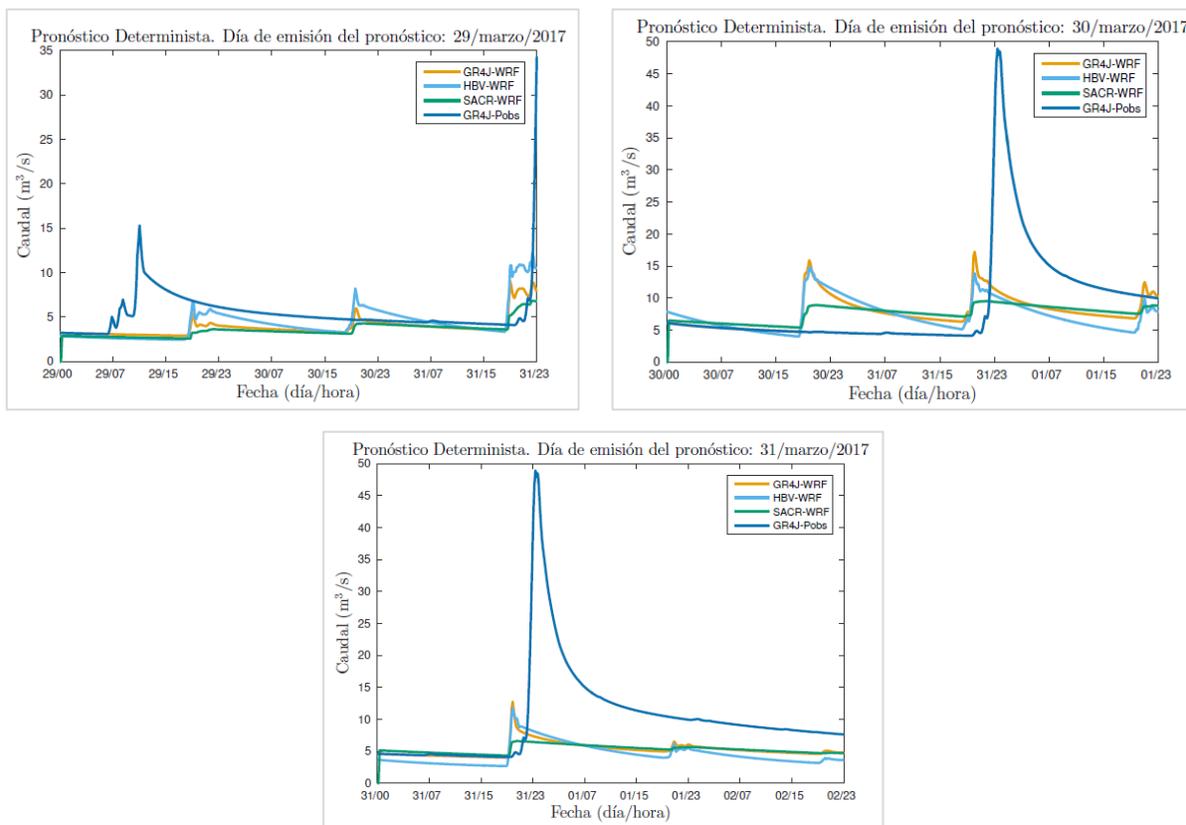


Figura 1-2. Pronóstico determinista para los días de emisión del 29, 30 y 31 de marzo del 2017.

Fuente: Elaboración propia

En los que respecta a los modelos restantes, tal como se logra apreciar en Tabla 1-1, son similares y no presenta un nivel de variación.

Por otra parte, los score del pronóstico probabilista evidencia que para Marzo 29, los resultados obtenidos por los modelos no son favorables, ya que valores altos de esta métrica, reflejan el mayor sesgo de las predicciones con respecto a los datos observados. Sin embargo para marzo 30 y 31, este estadístico presenta mejores resultados (Ver Tabla 1-1).

	<i>Consultoría de los estudios de diseño del sistema de alerta temprana para avenidas torrenciales y crecientes súbitas generadas por precipitaciones de la microcuenca de los ríos Mulato, Sangoyaco, quebradas Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa.</i>	
	Documento - Establecimiento del HEPS y del modelo determinista de pronóstico	

Tabla 1-1. Fiabilidad de los pronósticos probabilistas y determinista.

Marzo 29				
	GR4J	HBV	SACR	ToEn dos
MAE	1.8	1.9	2.0	1.8
CRPS	2.1	2.7	1.9	2.2
Fiabilidad	5.1	10.8	6.8	6.7
Log Score	149.6	112.5	28.4	58.7
Radio Delta	59.5	90.1	72.2	60.0
Marzo 30				
	GR4J	HBV	SACR	Todos
MAE	4.5	5.1	4.4	4.6
CRPS	2.9	3.1	2.9	3.0
Fiabilidad	10.2	20.6	26.4	7.0
Log Score	5.3	40.4	27.1	4.7
Radio Delta	164.1	78.1	146.6	85.9
Marzo 31				
	GR4J	HBV	SACR	Todos
MAE	5.1	5.9	5.1	5.3
CRPS	3.1	3.0	3.0	2.9
Fiabilidad	5.8	8.8	7.4	1.4
Log Score	15.3	21.8	110.7	4.7
Radio Delta	104.5	115.1	74.8	71.6

Ahora bien, en términos de fiabilidad, esta resulta ser mayor para el primer horizonte de predicción, dado que no supera el 11% para ninguno de los 3 modelos, siendo este valor aceptable en términos prácticos; mientras que para los pronósticos siguientes, este empieza a aumentar, exhibiendo que dichos resultados ya no resultan ser fiables. Sin embargo, este comportamiento evidencia que el sistema lleva la dinámica del fenómeno, prediciendo siempre caudales medios, lo cual para eventos pico, no representa mayor ganancia. Por último, en cuanto a la consistencia del sistema probabilista (rangos de variación predichos por los modelos), dado la magnitud de los eventos y la suma de todos los errores, las predicciones se alejan de lo observado tal como lo evidencia el Radio – Delta (Alta consistencia con valores iguales o cercanos a uno).

Los resultados anteriormente descritos muestran que el sistema probabilista aún debe mejorarse, por lo que:

	<p><i>Consultoría de los estudios de diseño del sistema de alerta temprana para avenidas torrenciales y crecientes súbitas generadas por precipitaciones de la microcuenca de los ríos Mulato, Sangoyaco, quebradas Taruca y Taruquita del municipio de Mocoa.</i></p> <p>Documento - Establecimiento del HEPS y del modelo determinista de pronóstico</p>	
--	---	--

- Se requiere un análisis adicional para mejorar el pronóstico meteorológico con base en un downscaling físico o numérico.
- Se requieren mayores perturbaciones de las variables de estado del WRF para generar un abánico más amplio de posibilidades que puedan capturar los problemas de diferencias en tiempo y magnitud de la precipitación.
- Se necesita integrar un algoritmo de asimilación de datos en el WRF tal como el filtro de partículas o el filtro Kalman clásico o probabilista.

2 BIBLIOGRAFÍA

- Brochero, D., Ancil, F., & Gagné, C. (2011). Simplifying a hydrological ensemble prediction system with a backward greedy selection of members - Part 2: Generalization in time and space. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(11), 3327–3341. <https://doi.org/10.5194/hess-15-3327-2011>
- Brown, G. (2004). *Diversity in Neural Network Ensembles*. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
- Cloke, H. L., & Pappenberger, F. (2009). Ensemble flood forecasting: A review. *Journal of Hydrology*, 375(3–4), 613–626. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.005>
- Dawson, C. W., Abraham, R. J., & See, L. M. (2007). HydroTest: A web-based toolbox of evaluation metrics for the standardised assessment of hydrological forecasts. *Environmental Modelling & Software*, 22(7), 1034–1052. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.06.008>
- Schaake, J. C., Hamill, T. M., Buizza, R., & Clark, M. (2007). HEPEX: The Hydrological Ensemble Prediction Experiment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88(10), 1541–1547. <https://doi.org/10.1175/BAMS-88-10-1541>